VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 168
DIE STAATLICHE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSTÄTIGKEIT VERÖFFENTLICHUNG Nr. 168

HIENOFOSFAATIN LANNOITUSARVOSTA SUPERFOSFAATTIIN VERRATTUNA

KIINTEILLÄ KOEKENTILLÄ SUORITETTUJEN KOKEIDEN TULOKSIA V. 1947—1956

AARNE TAINIO

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS
TIKKURILA

REFERAT

ÜBER DEN DÜNGUNGSWERT FEINGEMAHLENEN WEICHEN ROHPHOSPHATS (RENOPHOSPHAT) IM VERGLEICH MIT SUPERPHOSPHAT. ERGEBNISSE VON VERSUCHEN AUF PERMANENTEN VERSUCHSFELDERN IN FINNLAND IN DEN JAHREN 1947—56

HELSINKI 1958

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 168
DIE STAATLICHE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSTÄTIGKEIT
VERÖFFENTLICHUNG Nr. 168

HIENOFOSFAATIN LANNOITUSARVOSTA SUPERFOSFAATTIIN VERRATTUNA

KIINTEILLÄ KOEKENTILLÄ SUORITETTUJEN KOKEIDEN TULOKSIA V. 1947—1956

AARNE TAINIO

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS
TIKKURILA

REFERAT

ÜBER DEN DÜNGUNGSWERT FEINGEMAHLENEN WEICHEN ROHPHOSPHATS (RENOPHOSPHAT) IM VERGLEICH MIT SUPERPHOSPHAT. ERGEBNISSE VON VERSUCHEN AUF PERMANENTEN VERSUCHSFELDERN IN FINNLAND IN DEN JAHREN 1947—56

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

Saapunut 23. 9. 1957

Nach dem Ausland wird diese Veröffentlichung durch die Bibliothek des Landwirtschaftlichen Forschungszentrums, Tikkurila, Finnland erhältlich.

1. Suomessa käytetyistä raakafosfaateista

Suomessa on raakafosfaatteja, jauhettuja luonnonfosfaatteja, käytetty lannoitteina jo 1920- ja 1930-luvun vaihteesta alkaen. Niitä on sitten vuosien kuluessa ollut kaupan useita eri puolilta maapalloa peräisin olevia ja eri nimisiä kuten Eestifosforiittia, Curacao-, Marokko-, Algier-, Tunis-, Agro-, Intian guano- ym. nimisiä. 1930-luvulla oli pääosa käytetyistä raakafosfaateista Curacao- ja Marokkofosfaatin seosta, jonka P_2O_5-pitoisuus vaihteli 33—38 %. Hienousaste vastasi suunnilleen aikaisemmin thomasfosfaatilta vaadittua hienousastetta, t.s. 80 %:n oli läpäistävä seula n:o 100 (reiän suuruus 0.35 mm). Tätä raakafosfaattiseosta oli kenttäkokeissakin verrattavana muihin fosfaatteihin jo vuodesta 1929 lähtien. Raakafosfaatin yhteenlaskettu vaikutus koeajalta kolmessa pitkäaikaisimmassa kokeessa (6—14-vuotisia) oli 65—90 % superfosfaatin vaikutuksesta, keskimäärin se oli 77 % (Tuorila, 1947). Koemaat olivat happamia hieta- tai turvemaita (pH 4.69—4.94).

Aikaisemmin maassa käytetyt raakafosfaattimäärät olivat suhteellisen pieniä, mutta 1940-luvun loppupuoliskolla niiden tuonti maahan kasvoi huomattavasti. Sotien aikana suuresti köyhtyneiden viljelysten fosfaatintarvetta ei kotimainen superfosfaattiteollisuus yksinään pystynyt tyydyttämään, ja täydennyksen katsottiin edullisimmin tapahtuvan tuottamalla maahan halpaa raakafosfaattia. Tuote oli nyt pääasiassa—myöhemmin yksinomaan—Tunisista peräisin olevaa Reno-raakafosfaattia (»Hyperphosphate Reno»). Tämä raakafosfaatti kuuluu n.s. pehmeisiin fosfaatteihin ja se toimitetaan kauppaan erittäin hienoksi jauhettuna: 90 % läpäisee seulan n:o 300 (reiän suuruus 0.05 mm). Renofosfaattia on sen suuren hienojakoisuuden vuoksi aikaisempiin raakafosfaatteihin verrattuna alettu Suomessa nimittää hienofosfaatiksi. Nykyisin tuote jauhetaan kokonaan kotimaassa. Sen kokonaisfosforihappopitoisuus on vaihdellut verrattain paljon, 25—32 % P_2O_5. Kokonaisfosforihaposta on 2- %:seen sitruunahappoon liukenevaa n. 40 %, toisinaan huomattavasti enemmänkin. Kokeissa on pyritty käyttämään pitoisuudeltaan vähemmän vaihtelevaa tavaraa. Seuraavassa selostettavissa kokeissa käytetyn hienofosfaatin kokonaisfosforihappopitoisuus on keskimäärin ollut 28.5 %.

2. Superfosfaatin ja hienofosfaatin vertailevien kokeiden tuloksia v. 1947—56

Hienofosfaatin lannoitusvaikutuksen selvittämiseksi on sillä ja superfosfaatilla (19- %:ista) järjestetty vertailevia kenttäkokeita vuodesta 1947 alkaen. Kun on kysymyksessä sellaisen verraten vaikealiukoisen ja sen vuoksi hitaasti vaikuttavan lannoitteen kuin hienofosfaatin käyttöarvon selvittäminen, on kokeita jatkettava mahdollisimman kauan. Kysymyksen selvittämistä vaikeuttavat erityisesti fosfaattien tunnetusti monimutkaiset liukenemis- ja pidättymisilmiöt, jotka kalkkipitoisuutensa, happamuutensa ym. ominaisuuksiensa puolesta erilaisilla mailla, vieläpä eri vuosinakin voivat suuresti vaihdella. Juuri näihin seikkoihin ja aineiston suhteelliseen pienuuteen viitaten onkin koetuloksia jo aikaisemmin (Tainio, 1951 ja —54) selostettaessa korostettu, että niiden perusteella ei voida vielä antaa lopullista arvostelua hienofosfaatista, vaan voivat tulokset kokeita jatkettaessa ja niiden lukumäärän ehkä kasvaessa ainakin jonkin verran muuttua.

Nyt selostettavana oleva aineisto käsittää tulokset 31 eri kokeesta yhteensä 157 koevuodelta. Mukaan on otettu vain kokeet, joissa fosfaatilla yleensä on ollut vaikutusta—ainakin jommallakummalla fosfaatilla saatu tilastollisesti varmoja sadonlisäyksiä[1]). Vanhimmista kokeista on tulokset jo 10 vuodelta - näitä on tosin vain 3 kpl. Tämäkin aineisto on vielä suhteellisen suppea, mutta tarjoaa joka tapauksessa aikaisempaa varmemman pohjan hienofosfaatin lannoitusarvon selvittämiseksi. Kokeet on suoritettu Maatalouden Tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen kiinteillä koekentillä eri puolilla Suomea.

Kokeissa käytetyt fosfaattimäärät on lyhennysmerkeillä merkitty taulukkojen otsikkoihin. Nämä taulukkojen lannoitemerkit on tulkittava seuraavasti:

1 Psf	=	38	kg/ha	P_2O_5	superfosfaatissa,	annettu	vuosittain		
1 Phf	=	38	»	»	hieno-	»	»	»	
2 Psf	=	76	»	»	super-	»	»	»	
2 Phf	=	76	»	»	hieno-	»	»	»	
7 Psf	=	266	»	»	super-	»	»	joka 7. vuosi	
7 Phf	=	266	»	»	hieno-	»	»	»	

Todellisuudessa ovat käytetyt määrät hiukan vaihdelleet yllämainituista, mutta satotulokset on laskettu näitä määriä kohden.

Kasvijärjestys on kokeissa ollut enimmäkseen seuraava: 1 tai 2 kevätviljaa ja 3—4 nurmea. Sadot on muunnettu ry:iksi tavanomaisten normien mukaan. Kevätviljasadoista on otettu huomioon vain jyväsadot.

[1]) Sadonlisäys on katsottu varmaksi, jos se on vähintään kaksi kertaa niin suuri kuin sen virhe, joka on laskettu kaavan $m_D = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ mukaan. Systemaattisen virheen poistamiseen koetuloksista on käytetty Richey'n tasotuslaskumenetelmän sovellutusta (Tuorila ja Tainio 1934).

a. Keskimääräiset koetulokset

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tuloksia super- ja hienofosfaatin vertailevista kokeista v. 1947—1956. Niissä nähdään kokeiden koeajan mukainen ryhmittely, kokeiden lukumäärä eri ikäryhmissä, koemaiden keskim. pH-luku ja sen vaihtelurajat kussakin koeryhmässä sekä vertailtavilla fosfaateilla asianomaisina koevuosina yhteensä saatujen sadonlisäysten suuruus (ry/ha) keskimäärin koetta kohden sekä hienofosfaatin vaikutusta

Taulukko 1. Fosfaattien vertailevat kokeet v. 1947—56
Kokeet, joissa P_2O_5-määrät 38 ja 76 kg/ha

Tabelle 1. Vergleichende Versuche mit Phosphaten in den J. 1947—56
Versuche mit P_2O_5-Mengen von 38 und 76 kg/ha

Koeaika *Versuchszeit*	Kokeiden lukumäärä *Anzahl der Versuche*	Koemaiden keskim. pH-arvo ja vaihtelurajat *pH-Wert der Versuchsböden im Mittel und extrem*	Sadonlisäysten summat koeaikana keskim. koetta kohden ry/ha ja niiden suhdeluvut (Psf = 100) *Summen der Ertragssteigerungen in der Versuchszeit durchschn. je Versuch FE/ha und ihre Verhältniszahlen* 1 Psf	1 Phf	2 Psf	2 Phf
1 vuosi	7	5.36				
Jahr		4.85—5.91	307	60	361	122
			100	*20*	**100**	**34**
2 vuotta	7	»	816	324	830	458
Jahre				*40*		**55**
3 »	7	»	971	548	1 006	713
				56		**71**
4 »	7	»	1 285	818	1 386	1 080
				64		**78**
5 »	7	»	1 620	1 148	1 883	1 507
				71		**80**
6 »	4	5.16				
		4.85—5.40	2 725	1 587	2 979	2 344
				58		**79**
7 »	4	»	3 313	2 043	3 707	3 012
				62		**81**
8 »	4	»	3 858	2 604	4 277	3 695
				67		**86**
9 »	4	»	4 565	3 237	5 011	4 318
				71		**86**
10 »	3	5.26				
		5.18—5.40	5 968	4 549	6 593	6 007
				76		**91**

Bezeichnungen für die in den Überschriften der Tabellen stehenden, in der Düngung gegebenen Phosphormengen:

1 Psf = 38 kg/ha P_2O_5 *in Superphosphat jährlich gegeben*
1 Phf = 38 » » *Reno- (Fein-)* » » »
2 Psf = 76 » » *Super-* » » »
2 Phf = 76 » » *Reno- (Fein-)* » » »
7 Psf = 266 » » *Super-* » *jedes 7. Jahr gegeben*
7 Phf = 266 » » *Reno- (Fein-)* » » »

osoittavat sadonlisäysten suhdeluvut (superfosfaatti = 100). Kokeiden eri ikäryhmät liittyvät toisiinsa, menevät limittäin siten, että 1-vuotisten kokeiden ryhmään on otettu paitsi ne, joista todella on vasta yhden vuoden tulokset, myös kaikista vanhemmista kokeista ensimmäisen vuoden tulokset, samoin 2-vuotisiin on otettu varsinaisten 2-vuotisten lisäksi myös vanhemmista kahden ensimmäisen vuoden tulokset jne.

Taulukossa 1 on esitetty tulokset vanhemman suunnitelman mukaisista 7 kokeesta (P_2O_5-määrät 38 ja 76 kg/ha) v. 1947—1956. Koemaat ovat maalajiltaan multavaa hietaa (4 koetta) tai mutasuoturvetta (3 koetta), pH-luku on vaihdellut eri kokeissa välillä 4.85—5.91 ja vaihtuva kalkki 1 920—11 820 kg/ha. Sadonlisäysluvut ja hienofosfaatin suhdeluvut osoittavat, että ensimmäisenä koevuotena on hienofosfaatin vaikutus jäänyt varsin heikoksi, pienemmällä määrällä 20 ja suuremmalla 34 %:iin superfosfaatin vaikutuksesta. Vielä kahden ensimmäisen vuoden sadonlisäykset yhteenlaskettaessa ovat vastaavat suhdeluvut niin pienet kuin 40 ja 55. Vasta kolmen vuoden tulokset huomioon otettuna nousevat suhdeluvut huomattavammin, 56:een ja 71:een. Tästä suhdeluvut koevuosien lisääntyessä edelleen kasvavat — isommilla Phf-määrillä voimakkaammin ja tasaisemmin — niin, että 10 vuoden yhteenlaskettujen sadonlisäysten perusteella lasketut hienofosfaatin suhdeluvut nousevat 76:een ja 91:een. Pienempiä fosfaattimääriä käytettäessä tuntuvat vuotuisvaihtelut ja muut satunnaiset häiriöt herkemmin kuin voimakkaammalla fosfaattilannoituksella.

Taulukossa 1 esitetyssä koesarjassa hienofosfaatilla varsinkin kahtena ensimmäisenä vuotena saatuun heikkoon tulokseen vaikuttaa olennaisesti se, että mukana on eräs mutasuoturvemaan 10-vuotinen koe, joka perustettiin nurmelle, jolloin lannoitus oli annettava pintalannoituksena. Täten annettu hienofosfaatti jäi ensimmäisenä vuonna aivan vaikutuksettomaksi, ja toisenakin vuotena vaikutus oli heikko. Tämähän on tietenkin ollut hienofosfaatin suhteen aivan epätarkoituksenmukainen käyttötapa. Kaikki muut kokeet onkin perustettu kevätviljalle, jolloin lannoitteet ovat tulleet mullatuiksi maahan. Kun po. kokeessakin kolmantena koevuotena fosfaatit mullattiin maahan, joten se siitä lähtien on ollut toisiin kokeisiin rinnastettavissa, ei sen tuloksia ole voitu jättää huomioon ottamatta.

Taulukkoon 2 on otettu erikseen kolmen 10-vuotisen, jo taulukkoon 1 sisältyneen kokeen tulokset. Näin sen vuoksi, että nähdään, ovatko tulokset tällaisesta yhdenmukaisesta aineistosta, joka on saatu yhtä pitkäaikaisista, samoina vuosina suoritetuista kokeista, yhteenkäypiä taulukossa 1 esitettyjen tulosten kanssa. Viimeksimainittuunhan sisältyy eri-ikäisiä kokeita, joten vuosiyhdistelmiin tuli osittain eri kokeita. Kun taulukon 2 kokeisiin sisältyy myös edellä mainittu koe, jossa fosfaatit on poikkeuksellisesti

annettu pintalannoituksena, tuntuu sen vaikutus hienofosfaatin suhdelukua alentavana vielä voimakkaammin kuin taulukon 1 suuremmassa aineistossa. Toisessakin kokeessa on ensimmäisenä vuotena pienemmällä hienofosfaattimäärällä ollut hyvin heikko vaikutus. Hienofosfaatin vaikutusta osoittavat suhdeluvut kasvavat näissä kolmessa kokeessa kuudennesta vuodesta lähtien nopeammin kuin taulukon 1 aineistossa. Suuremman Phf-annoksen suhdeluku nousee jo 8 vuotena yli 90. Suuremmalla hienofosfaattimäärällä on tämänkin aineiston mukaan selvästi paljon voimakkaampi suhteellinenkin vaikutus (superfosfaattiin verrattuna) kuin pienemmällä määrällä. — Taulukon viimeisellä rivillä on esitetty hienofosfaatin suhdeluvut vain kahdesta kokeesta, pois on jätetty se koe, jossa fosfaatit annettiin ensim-

Taulukko 2. Kolmen 10-vuotisen fosfaattien vertailevan kokeen tulokset v. 1947—56
Käytetyt P_2O_5-määrät 38 ja 76 kg/ha
Koemaiden keskim. pH-arvo 5.26 ja vaihtelurajat 5.18—5.40

Tabelle 2. Ergebnisse von drei 10-jährigen vergl. Versuchen mit Phosphaten in den J. 1947—56
Benutzte P_2O_5-Mengen 38 und 76 kg/ha
Durchschn. pH-Wert der Versuchsböden 5.26 und die Extremwerte 5.18—5.40

Koeaika *Versuchszeit*	Sadonlisäysten summat koeaikana keskim. koetta kohden ry/ha ja niiden suhdeluvut (Psf = 100) *Summen der Ertragssteigerungen in der Versuchszeit durchschn. je Versuch FE/ha und ihre Verhältniszahlen*			
	1 Psf	1 Phf	2 Psf	2 Phf
1 vuosi *Jahr*	516 *100*	3 *0.6*	587 **100**	134 **23**
2 vuotta *Jahre*	1 233	322 *26*	1 355	515 **38**
3 »	1 431	613 *43*	1 523	934 **61**
4 »	2 073	1 017 *49*	2 062	1 540 **75**
5 »	2 531	1 431 *57*	2 700	2 105 **78**
6 »	3 025	2 053 *68*	3 600	2 948 **82**
7 »	4 097	2 641 *64*	4 501	3 808 **85**
8 »	4 724	3 316 *70*	5 115	4 630 **91**
9 »	5 367	3 978 *74*	5 763	5 317 **92**
10 »	5 968	4 549 *76*	6 593	6 007 **91**
10 » [1]	2 976	2 912 *98*	3 627	4 256 **117**

[1]) (Vain 2 koetta; koe, jossa fosfaatit annettu 1. vuonna pintalannoituksena, on jätetty pois)
(Nur 2 Versuche; der Versuch mit Phosphaten als 1. J. Oberflächendüngung weggelassen)

mäisenä vuonna pintalannoituksena. Hienofosfaatti on keskimäärin näissä kahdessa kokeessa — vähäkalkkisia multavia hietamaita — antanut suuremmalla annoksella 10 vuodessa 17 % suuremman sadonlisäyksen kuin superfosfaatti. On ilmeistä, että syynä hienofosfaatin huonompaan vaikutukseen pois jätetyssä kokeessa ei ollut vain pintalannoitus, vaan myös maan runsaskalkkisuus (11 820 kg/ha).

Taulukko 3. Fosfaattien vertailevien kokeiden tuloksia v. 1948—56
Kokeet, joissa P_2O_5-määrät 38 (vuosittain) ja 266 kg/ha (joka 7. vuosi)

Tabelle 3. Ergebnisse von vergleichenden Versuchen mit Phosphaten in den J. 1948—56
Versuche mit P_2O_5-Mengen von 38 (jährlich) und 266 kg/ha (jedes 7. Jahr)

Koeaika *Versuchszeit*	Kokeiden lukumäärä *Anzahl der Versuche*	Koemaiden keskim. pH-arvo ja vaihtelurajat *pH-Wert der Versuchsböden im Mittel und extrem*	Sadonlisäysten summat koeaikana keskim. koetta kohden ry/ha ja niiden suhdeluvut (Psf = 100) *Summen der Ertragssteigerungen in der Versuchszeit durchschn. je Versuch FE/ha und ihre Verhältniszahlen*			
			1 Psf	1 Phf	7 Psf	7 Phf
1 vuosi *Jahr*	24	5.58 4.62—6.10	195 *100*	103 *53*	478 **100**	199 **42**
2 vuotta *Jahre*	21	»	369	154 *42*	744	371 **50**
3 »	13	5.61 4.62—6.08	650	364 *56*	1 074	640 **60**
4 »	13	»	844	500 *59*	1 183	796 **67**
5 »	11	5.58 4.62—6.08	1 051	679 *65*	1 450	1 042 **72**
6 »	7	5.50 4.62—6.08	1 403	976 *70*	1 633	1 297 **79**
7 »	7	»	1 644	1 174 *71*	1 763	1 525 **87**
8 »	5	5.48 4.62—6.08	1 806	1 462 *81*	2 216	1 739 **78**
9 »	2	6.00 5.92—6.08	2 336	1 885 *81*	2 925	2 255 **77**

Taulukossa 3 on sitten esitetty niiden 24 kokeen tulokset, joissa vertailtavista fosfaateista on käytetty paitsi vuotuislannoitusmääriä (38 kg P_2O_5) myös niihin verraten 7-kertaisia peruslannoituksia (266 kg P_2O_5), jotka on annettu ensimmäisenä koevuotena ja uusittu sitten taas 7 vuoden perästä, mikäli koe on jatkunut niin kauan. 7 vuoden aikana yhteensä on siis vuotuislannoitusjäsenissä annettu samat määrät fosfaattia kuin peruslannoitusjäsenissä. Maalaji oli 11 kokeessa enemmän tai vähemmän multava karkea hieta, 10 kokeessa turve ja 3 kokeessa savi (1 liejusavi). pH-luku on vaih-

dellut 4.62—6.10, vaihtuva kalkki 1 240—22 700 kg/ha. - Tämän taulukon luvut eivät periaatteessa kovin suuresti eroa taulukon 1 vastaavista luvuista. Viimeksimainitussahan olivat suuremmat fosfaattiannokset vain 2-kertaiset pienempiin verrattuina. Kummankin aineiston mukaan ovat hienofosfaatin vaikutusta kuvaavat suhdeluvut suurempia fosfaattimääriä tai peruslannoitusta käytettäessä selvästi korkeammat kuin pienemmillä fosfaattimäärillä tai vuotuislannoituksella. Kuitenkin näyttää tämä ero tulevan jo 76 kg:n P_2O_5-annoksella näkyviin yhtä hyvin kuin 266 kg:n määrällä. Vuosien kuluessa taulukko 3:nkin aineiston mukaan hienofosfaatin suhteellinen vaikutus jatkuvasti paranee, niin että se 7 vuoden aikana nousee lähes 90 %:iin, peruslannoitusta käytettäessä. Kahdessa viimeisessä, 8- ja 9-vuotisten kokeiden, ryhmässä peruslannoituksen suhdeluku alenee. Tähän alenemiseen on osaltaan vaikuttanut se, että kun 8. koevuotena peruslannoitukset on uusittu, on superfosfaatin vaikutus tullut taas esiin voimakkaammin kuin edellisinä jälkivaikutusvuosina. Enemmän siihen on ilmeisesti vaikuttanut kuitenkin se, että 8-vuotisten kokeiden ryhmään ei ole vielä päässyt mukaan ne kaksi koetta, jotka vielä 7-vuotisten kokeiden ryhmässä esiintyvät ja joissa hienofosfaatti on vaikuttanut erittäin voimakkaasti (keskim. suhdeluku 7 vuoden aikana 126). Tällaiset pienetkin vaihtelut kokeiden lukumäärässä, kun on kyseessä kokonaisuudessaan pieni aineisto, voivat saada aikaan melko huomattaviakin vaihteluita suhdeluvuissa.

Jotta voitaisiin täsmällisemmin verrata vuotuis- ja peruslannoitusta keskenään kummankin fosfaatin suhteen, on taulukkoon 4 otettu erikseen niiden seitsemän kokeen tulokset, joista kukin on ollut käynnissä jo 7 vuotta ja joissa siten vuotuislannoituksena annetun fosfaatin määrä on tullut yhtä suureksi ensimmäisenä vuonna annetun peruslannoituksen kanssa (samat kokeet sisältyvät myös taulukkoon 3). Superfosfaatti tässäkin koesarjassa antaa selvästi suuremmat sadonlisäykset kuin hienofosfaatti, joka jää vaikutuksessaan 7 vuoden tulokset huomioon ottaen vuotuislannoituksella 71 %:iin ja peruslannoituksella 87 %:iin edellisestä (taulukon viimeinen rivi). Mutta on mielenkiintoista tarkastella myös vuotuis- ja peruslannoituksen keskinäistä suhdetta kummallakin fosfaatilla erikseen. Suhdeluvut on laskettu siten, että kummankin fosfaatin vuotuislannoituksen vaikutusta erikseen on merkitty 100:lla. Tällöin huomataan, että peruslannoitus antaa kummallakin fosfaatilla paremman tuloksen kuin 7 vuoden aikana vuotuislannoituserinä annettu yhtä suuri fosfaattimäärä. Hienofosfaatin vaikutus peruslannoituksena on kuitenkin suhteellisesti parempi kuin superfosfaatin. Kun nimittäin superfosfaatti on peruslannoituksena 7 vuoden aikana antanut vain 7 % paremman tuloksen kuin vuotuislannoitus, on vastaava luku hienofosfaatilla 30 %.

Taulukko 4. Vuotuis- ja peruslannoituksen vertailu super- ja hienofosfaatilla seitsemässä 7-vuotisessa kokeessa
Koemaiden keskim. pH-arvo 5.50, vaihtelurajat 4.62—6.08, vaiht. kalkkia keskim. 6.5 tn/ha, vaihtelurajat 3.2—8.6 tn/ha

Tabelle 4. Vergleich zwischen jährliche- und Vorratsdüngung mit Super- und Feinphosphat in sieben 7-jährigen Versuchen
pH-Wert der Versuchsböden im Mittel 5.50, extrem 4.62—6.08, austauschbarer Kalk im Mittel 6.5 t/ha, Extreme 3.2 und 8.6 t/ha

Koeaika *Versuchszeit*	Sadonlisäysten summat koeaikana keskim. koetta kohden ry/ha ja niiden suhdeluvut (vuotuisl. = 100) *Summen der Ertragssteigerungen in der Versuchszeit durchschn. je Versuch FE/ha und ihre Verhältniszahlen (jährl. Düng. = 100)*			
	P_2O_5 Psf:ssä *in Psf*		P_2O_5 Phf:ssä *in Phf*	
	38 kg/ha vuosittain *jährlich*	266 kg/ha 1. vuonna *1. Jahr*	38 kg/ha vuosittain *jährlich*	266 kg/ha 1. vuonna *1. Jahr*
1 vuosi — *Jahr*	330	720	143	363
	100	*218*	**100**	**254**
2 vuotta — *Jahre*	520	995	229	607
		191		**265**
3 »	785	1 218	427	772
		155		**181**
4 »	942	1 319	549	917
		140		**167**
5 »	1 114	1 491	750	1 114
		134		**149**
6 »	1 403	1 633	976	1 297
		116		**133**
7 »	1 644	1 763	1 174	1 525
		107		**130**
Suhdeluvut Psf:n ja Phf:n välillä *Verhältniszahlen zwischen Psf und Phf*	*100*	**100**	*71*	**87**

Taulukossa 5 nähdään vielä yhdistelmä kaikkien 31 kokeen tuloksista. Kun kokeiden määrä on suurempi kuin missään muussa edellisistä taulukoista, voidaan yksityisten suuntaan tai toiseen vaikuttavien poikkeuksellisten tapausten vaikutuksen katsoa tässä tasoittuvan paremmin kuin suppeammassa aineistossa. Näin ollen voivat taulukon luvut antaa varmemman, todellisuutta paremmin vastaavan kuvan keskenään verrattavien fosfaattien vaikutusten suhteesta ko. kaltaisilla mailla eri aikajaksoina. Suurestihan nämä luvut eivät poikkea aikaisempien taulukoiden luvuista, hienofosfaatin suhdeluvut kasvavat vain tasaisemmin, säännöllisemmin koeajan pidentyessä. Samoin toinen koetuloksille olennainen piirre, että suuremmilla hienofosfaattimäärillä on suhteellisesti parempi vaikutus kuin pienemmillä, ilmenee tämän taulukon luvuista jos mahdollista vielä säännöllisempänä kuin pienempää aineistoa edustavista taulukoista.

Edellä olevasta selostuksesta, joka perustuu ko. kahdella fosfaatilla eri pitkinä aikajaksoina ja kahta eri suurta fosforihappomäärää käytettäessä

saatuihin koko koeaineiston keskiarvolukuihin, ei vielä saada vastausta esim. sellaisiin kysymyksiin kuin miten näiden kahden fosfaatin keskinäinen vaikutussuhde riippuu maalajista, maan happamuudesta ja kalkkipitoisuudesta. Vastauksen saaminen näihin kysymyksiin on kuitenkin tärkeätä ko. lannoitteiden käyttöarvon selvittämiseksi, jonka vuoksi seuraavassa yritetään vastaus antaa, sikäli kuin se tämän verrattain rajoitetun aineiston perusteella on mahdollista.

Taulukko 5. Yhdistelmä kaikkien v. 1947—56 suoritettujen fosfaattien vertailevien kokeiden tuloksista

Käytetyt P_2O_5-määrät: pienemmät määrät kaikissa kokeissa 38 kg/ha; isommat määrät 7 kokeessa 76 kg ja 24 kokeessa 266 kg/ha (joka 7. vuosi).

Tabelle 5. Zusammenstellung der Ergebnisse aller in den J. 1947—56 ausgeführten vergleichenden Versuche mit Phosphaten

Benutzte P_2O_5-Mengen: die kleineren Mengen in allen Versuchen 38 kg/ha; die grösseren Mengen in 7 Versuchen 76 kg und in 24 Versuchen 266 kg/ha (jedes 7. Jahr)

Koeaika *Versuchs-zeit*	Kokeiden lukumäärä *Anzahl der Versuche*	Koemaiden keskim. pH-arvo ja vaihtelurajat pH-Wert der Versuchsböden durchschn. und extrem	Sadonlisäysten summat koeaikana keskim. koetta kohden ry/ha ja niiden suhdeluvut (Psf = 100) *Summen der Ertragssteigerungen in der Versuchszeit durchschn. je Versuch FE/ha und ihre Verhältniszahlen*			
			1 Psf	1 Phf	2 resp. 7 Psf	2 resp. 7 Phf
1 vuosi *Jahr*	31	5.53 4.62—6.10	220 *100*	93 *42*	452 **100**	181 **40**
2 vuotta *Jahre*	28	5.52 4.62—6.09	481	197 *41*	766	392 **51**
3 »	20	5.52 4.62—6.08	763	428 *56*	1 050	665 **63**
4 »	20	»	999	611 *61*	1 254	896 **71**
5 »	18	5.50 4.62—6.08	1 273	862 *68*	1 618	1 223 **76**
6 »	11	5.37 4.62—6.08	1 883	1 198 *64*	2 123	1 678 **79**
7 »	11	»	2 251	1 491 *66*	2 470	2 066 **84**
8 »	9	5.34 4.62—6.08	2 718	1 970 *72*	3 132	2 608 **83**
9 »	6	5.44 4.85—6.08	3 822	2 786 *73*	4 315	3 630 **84**
10 »	3	5.26 5.18—5.40	5 968	4 549 *76*	6 593	6 007 **91**

b. Hienofosfaatin vaikutuksen riippuvuus maalajista, maan vaihtuvan kalkin pitoisuudesta ja maan pH-luvusta

Taulukon 6 luvut valaisevat maalajikysymystä. Koeaineiston valitettavan suppeuden takia ei kannata yksityiskohtaisempaa maalajiryhmittelyä tehdä; kokeet on jaettu vain kivennäismaan ja turvemaan kokeisiin. 7:ää vuotta vanhempia kokeita ei ole otettu taulukkoon niiden vähäisen lukumäärän vuoksi.

Taulukko 6. Hienofosfaatin lannoitusvaikutuksen riippuvuus maalajista (Psf:n vaikutus = 100)

Tabelle 6. Die Abhängigkeit der Düngungswirkung des Feinphosphats von der Bodenart (Wirkung von Psf = 100)

	Kok. lukum. *Anzahl der Versuch*	Maan keskim. *im Boden durchschn.*		Hienofosf. suhdeluku *Verhältniszahl des Feinphosphats*		
		pH	Vaiht. kalkki $CaCO_3$:na tn/ha *austauschbarer Kalk als $CaCO_3$*	Pien.määr. *Kl. Menge*	Suur. määr. *Gr. Menge*	Keskim. *Durchschn.*
a) Kivennäismaat *Mineralböden*						
2-vuotiset kokeet *2-jährige Versuche*	15	5.62	5.1	47	42	45
4- » »	10	5.65	4.4	73	75	74
7- » »	4	5.37	5.2	83	106	95
b) Turvemaat *Torfböden*						
2-vuotiset kokeet *2-jährige Versuche*	13	5.42	9.0	37	58	48
4- » »	10	5.39	9.1	55	70	63
7- » »	7	5.38	7.2	60	74	67

2-vuotisten kokeiden mukaan näyttäisi hienofosfaatti pienempiä määriä käytettäessä vaikuttavan suhteellisesti paremmin kivennäismailla, suuremmilla määrillä taas turvemailla, keskimääräisten suhdelukujen mukaan vain hiukan paremmin turvemailla. Näin lyhytaikaisten kokeiden tuloksille ei voida kuitenkaan antaa kovin suurta painoa. Sitä vastoin niin 4- kuin varsinkin 7-vuotisten kokeiden tulosten mukaan hienofosfaatin suhteellinen vaikutus on kivennäismailla huomattavasti voimakkaampi kuin turvemailla. 7-vuotisissa kokeissa verrattain runsasmultaisilla kivennäismailla suurempia fosfaattimääriä käytettäessä hienofosfaatti on jopa ylittänyt superfosfaatin vaikutuksen 6 %:lla. On syytä huomauttaa, että sadonlisäykset ovat kyllä kummallakin fosfaatilla olleet turvemailla yleensä tuntuvasti suuremmat

kuin kivennäismailla, turvemaathan ovat tunnetusti vähäfosfaattisempia. Hienofosfaatin suhteellisesti tehokkaampi vaikutus kivennäismailla ei voi riippua maan pH-arvosta, sillä kivennäismaiden pH-luvut ovat joko yhtä-suuria tai vähän suurempia kuin vastaavissa koeryhmissä turvemailla. Jos taas tarkastetaan maan vaihtuvan kalkin määrää osoittavia lukuja, havaitaan niiden olevan tuntuvasti alempia kivennäismaan koeryhmissä kuin turvemailla. Tässä onkin ilmeisesti selitys hienofosfaatin suhteellisesti parempaan vaikutukseen kivennäismailla; maalaji sinänsä ei ehkä kovin paljoa merkinnekään. Maan v a i h t u v a n k a l k i n merkitystä ko. suhteessa osoittavat lähemmin taulukon 7 luvut.

Taulukko 7. Hienofosfaatin lannoitusvaikutuksen riippuvuus maan vaihtuvan kalkin pitoisuudesta

Tabelle 7. Die Abhängigkeit der Düngungswirkung des Feinphosphats vom Gehalt an austauschbarem Kalk im Boden

	Maan vaiht. kalkki < 5 tn/ha *Austauschbarer Kalk im Boden < 5 t/ha*				Maan vaiht. kalkki $\geqq$ 5 tn/ha *Austauschbarer Kalk im Boden $\geqq$ 5 t/ha*			
	Kok. lukum. *Anzahl der Versuche*	Hienofosf. suhdeluku *Verhältniszahl des Feinphosphats*			Kok. lukum. *Anzahl der Versuche*	Hienofosfaatin suhdeluku *Verhältniszahl des Feinphosphats*		
		Pien. määr. *Kl. Menge*	Suur. määr. *Gr. Menge*	Keskim. *Durchschn.*		Pien. määr. *Kl. Menge*	Suur. määr. *Gr. Menge*	Keskim. *Durchschn.*
2-vuotiset kokeet .... *2-jährige Versuche*	10	57	48	53	18	32	53	43
4- » »	7	82	80	81	13	53	68	61
7- » »	3	79	93	86	8	61	80	71

Taulukossa 7 on kokeet jaettu koemaan vaihtuvan kalkin määrän mukaan kahteen ryhmään: kokeet, joissa vaihtuvaa kalkkia on maassa alle 5 tn/ha ja kokeet, joissa sitä on 5 tn tai enemmän. Hienofosfaatin suhdelukuja tarkastettaessa huomataan niiden olevan kautta linjan vähäkalkkisilla mailla tuntuvasti suurempia kuin runsaskalkkisemmilla mailla. Ainoastaan 2-vuotisissa kokeissa menevät suhdeluvut hieman ristiin, mutta keskim. suhdeluku osoittaa näissä lyhytaikaisissakin kokeissa hienofosfaatin antavan vähäkalkkisilla mailla selvästi paremman suhteellisen tuloksen kuin runsaskalkkisilla mailla. Taulukon lukujen mukaan hienofosfaatin vaikutus vähäkalkkisilla mailla suurempia määriä käytettäessä nousee neljässä vuodessa 80 %:iin ja seitsemässä vuodessa 93 %:iin superfosfaatin vaikutuksesta. Koko selostettavan koeaineiston vastaavat keskimääräiset luvut (taul. 5) olivat 71 ja 84. - Kolmesta 10-vuotisestakin kokeesta, joita ei koemäärän pienuuden takia ole otettu taulukkoon 7, ovat kahdessa kokeessa, joissa maan vaihtuvan kalkin määrä oli alle 5 tn/ha, hienofosfaatin suhdeluvut olleet keskimäärin 98 ja 117 (taul. 2).

Hienofosfaatin suhteellisen vaikutuksen riippuvuutta maan happamuudesta pyrkii valaisemaan taulukko 8. Kokeet on maan happamuuden mukaan jaettu kahteen ryhmään pH 5.50 rajalukuna. Hienofosfaatin suhdeluvut ovat pienempiä fosfaattimääriä käytettäessä vähemmän happamilla mailla selvästi korkeammat kuin voimakkaammin happamilla mailla. 2-vuotisissa kokeissa on suunta sama vielä isommillakin fosfaattimäärillä. Sen sijaan 4- ja 7-vuotisissa kokeissa ovat suuremmilla fosfaattimäärillä saadut suhdeluvut, jotka tarjoavatkin varmemman pohjan asian arvostelemiselle kuin lyhytaikaisemmissa kokeissa tai pienemmillä määrillä saadut, happamilla mailla joko yhtä suuret tai suuremmat kuin vähemmän happamilla. 7-vuotisissakin kokeissa on kuitenkin hienofosfaatin suhdeluku happamammilla mailla vain vähän suurempi (85—81). Täytyy siis sanoa, että tämän aineiston perusteella ei voida nähdä selvää riippuvuussuhdetta maan happamuuden ja hienofosfaatin suhteellisen vaikutuksen välillä. Tulokseen on ilmeisesti vaikuttanut se, että aineistossa mukana olevat turvemaat ovat usein hyvin runsaskalkkisia, vaikka pH-arvo on melko alhainen.

Taulukko 8. Hienofosfaatin lannoitusvaikutuksen riippuvuus maan happamuudesta

Tabelle 8. Die Abhängigkeit der Düngungswirkung des Feinphosphats von der Azidität des Bodens

	Maan pH < 5.50 *pH des Bodens*				Maan pH ≥ 5.50 *pH des Bodens*			
	Kok. lukum. *Anzahl der Versuche*	Hienofosf. suhdeluku *Verhältniszahl des Feinphosphats*			Kok. lukum. *Anzahl der Versuche*	Hienofosf. suhdeluku *Verhältniszahl des Feinphosphats*		
		Pien. määr. *Kl. Menge*	Suur. määr. *Gr. Menge*	Keskim. *Durchschn.*		Pien. määr. *Kl. Menge*	Suur. määr. *Gr. Menge*	Keskim. *Durchschn.*
2-vuotiset kokeet .... *2-jährige Versuche*	11	24	42	33	17	55	58	57
4- » »	8	48	71	60	12	72	71	72
7- » »	7	63	85	74	4	74	81	78

Tämä tulos voi myös osaksi johtua itse pH-arvojen epävarmuudesta. Maan pH-arvo on verrattain labiili, ainakin jos se mitataan maan vesilietoksesta. Samaltakin kohtaa saman kasvukauden eri aikoina otettujen maanäytteiden pH voi suurestikin vaihdella. Näiden pH-arvoon liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi on sen käytöstä maan kalkitustarpeen määrittämisessäkin ainakin yksinomaisena menetelmänä jo suuressa määrin luovuttu. Suomessa tämä tapahtui jo lähes 20 vuotta sitten, jolloin laitoksellamme suoritetussa tutkimuksessa (Tuorila, Tainio & Teräsvuori, 1939) todettiin maan vaihtuvan kalkin määrittämisen tarjoavan paljon varmemman keinon maan kalkitustarpeen osoittamiseksi kuin pH-määritys.

Viimeksimainittuakin kuitenkin uuden menetelmän rinnalla vielä käytetään. Tässä selostettujen koetulosten perusteella näyttäisi siltä, että maan vaihtuvan kalkin määrittäminen olisi käyttökelpoinen ja luotettava menetelmä myös silloin, kun on selvitettävä, minkälaisilla mailla hienofosfaatin ja ehkä muidenkin vaikealiukoisten fosfaattien käyttö lähinnä tulisi kysymykseen. Asian täydellisempi selvittäminen vaatinee kuitenkin vielä lisää kokeita ja tutkimuksia.

3. Yhteenveto ja päätelmät

Edellä selostetut keskimääräiset koetulokset osoittavat, että vaikka hienofosfaatti vaikutuksessaan ensimmäisinä vuosina jääkin huomattavasti jälkeen — 1 —2 vuotena 40—50 %:iin—superfosfaatista, sen suhteellinen vaikutus vuosi vuodelta paranee, niin että se 6—7 vuodessa nousee 80—85 %:iin ja 10 vuodessa yli 90 %:iin superfosfaatin vaikutuksesta. Koska nousu on ollut hyvin säännöllistä ja jatkunut pitkäaikaisimmissakin kokeissa yleensä niiden viimeisiin vuosiin asti, on syytä olettaa, että kokeiden vielä kauemmin jatkuessa hienofosfaatti voimakkaan jälkivaikutuksensa ansiosta tulisi lopulta täysin tasaveroiseksi superfosfaatin kanssa. Näin siis keskimääräistenkin tulosten mukaan. Yksityisten kokeiden tulokset poikkeavat luonnollisesti paljonkin keskiarvotuloksista. Joissakin kokeissa on hienofosfaatti saavuttanut tasa-arvoisuuden superfosfaatin kanssa jo kolmessa vuodessa.

Koetulosaineistoa on edellä myös lähemmin eritelty siinä tarkoituksessa, että saataisiin selville, onko ja millä tavalla hienofosfaatin vaikutus riippuvainen maalajista, maan vaihtuvan kalkin pitoisuudesta tai maan happamuudesta. Tämä riippuvuus maalajista ilmenee siten, että kivennäismailla varsinkin pitkäaikaisempien koetulosten mukaan hienofosfaatti on, suhteessa superfosfaattiin, vaikuttanut selvästi paremmin kuin turvemailla, 7-vuotisissa kokeissa (verrattain runsasmultaisia kivennäismaita) se on suurempaa annosta käytettäessä ylittänyt superfosfaatin vaikutuksen 6 %:lla. Riippuuko tämä maalajista sinänsä, vai siitä, että kivennäismaat kokeissa ovat sattuneet olemaan huomattavasti vähäkalkkisempia kuin turvemaat, jää tämän aineiston perusteella ratkaisematta. — Hienofosfaatin vaikutuksen riippuvuus maan vaihtuvan kalkin pitoisuudesta ilmenee hyvin selvänä sillä tavoin, että vähäkalkkisilla (alle 5 tn/ha) mailla hienofosfaatin suhdeluvut ovat ratkaisevasti suuremmat kuin runsaskalkkisilla mailla. Esim. kahdessa 10-vuotisessa, vähäkalkkisella maalla suoritetussa kokeessa hienofosfaatin keskimääräinen vaikutus oli 98 ja 117 % superfosfaatin vaikutuksesta. — Sitä vastoin hienofosfaatin suhteellisen lannoitusvaikutuksen ja maan happamuuden välille ei tässä koetulosaineistossa ole saatu esiin selvää riippuvuussuhdetta. Tosin pitkäaikaisimmissa ja siis varmimman arvostelupohjan tarjoavissa kokeissa

tendenssi on sen suuntainen, vaikka ei kovin voimakas, että happamimmilla mailla hienofosfaatin suhteellinen vaikutus olisi parempi kuin vähän happamilla.

Tässä esityksessä ei ole ollut tarkoituksena suorittaa laskelmia ko. kahden fosfaatin käytön taloudellisesta kannattavuudesta. Taloudellinen tuloshan riippuu monesta tekijästä, kuten ennen kaikkea itse lannoitteiden hintasuhteista, sadonlisäysten absoluuttisesta suuruudesta ja satotuotteiden hinnasta. Sen verran asian taloudellisesta puolesta voitaneen sanoa, että k o k o koemateriaalista saatujen k e s k i m ä ä r ä i s t e n sadonlisäyslukujen perusteella ja Suomessa vallitsevien hintasuhteiden mukaan arvostellen hienofosfaatti ei vielä 10 vuodessa pystyisi taloudellisuudessa kilpailemaan superfosfaatin kanssa. Jos sitä vastoin tarkastellaan kysymystä v ä h ä k a l k k i s i l l a ja varsinkin vähäkalkkisilla (runsasmultaisilla) kivennäismailla, muuttuu asia toiseksi. Kuten taulukosta 6 nähtiin, nousee suuremmalla hienofosfaattimäärällä saatu sadonlisäys tällaisilla mailla 7 vuodessa 6 % yli superfosfaatilla saadun määrän. Kymmenessä vuodessa voittaa hienofosfaatti vähäkalkkisilla mailla kilpailijansa 17 %:lla. Kun tämän mukaan siis hienofosfaatti 6—7 vuodessa saavuttaa sadonlisäyksen suuruudessa superfosfaatin tason, tulee sen käyttö tällöin taloudellisesti kannattavammaksi kuin superfosfaatin, koska se on tuntuvasti halvempaa kuin superfosfaatti (Suomessa on hienofosfaatin hinta P_2O_5-kg kohden 60 % superfosfaatin vastaavasta hinnasta). Näin siis on asian laita vähäkalkkisilla mailla, ja tällaisille maillehan hienofosfaatti kai on etupäässä tarkoitettukin.

Kirjallisuus

Tainio, A. 1951. Hienofosfaatin ja superfosfaatin lannoitusvaikutuksen vertailua. Koetoim. ja käyt. 8:11.

—»— 1954. Hienofosfaatin lannoitusvaikutuksesta. Ibid. 11:9—10

Tuorila, P. 1947. Raakafosfaattien käyttöarvosta Suomen viljelysmaiden fosfaattilannoitteena. Ibid. 4:2.

Tuorila, P. & Tainio, A. 1934. Diammoniumfosfaatin lannoitusarvosta. (Referat: Über den Düngerwert von Diammoniumphosphat). Valt. maatal. koetoim. julk. 58: 1—39.

—»— ,Tainio, A. & Teräsvuori, A. 1939. Suomen viljelysmaiden kalkitustarpeesta. (Referat: Über den Kalkdüngungsbedarf der finnischen Böden). Ibid. 104:1—529.

Vuorinen, J. 1953. Koulutilojen peltojen viljavuudesta. (Summary: On the Fertility of Soils on School Farms in Finland). Agrogeol. julk. n:o 60.

Referat

Über den Düngungswert feingemahlenen weichen Rohphosphats (Renophosphat) im Vergleich mit Superphosphat

Ergebnisse von Versuchen auf permanenten Versuchsfeldern in Finland in den J. 1947—56

Aarne Tainio

Zentrale für Landwirtschaftliche Forschung
Abteilung für Agrikulturchemie und -physik
Tikkurila, Finnland

In dieser Veröffentlichung sind die Ergebnisse von 31 vergleichenden Versuchen mit feingemahlenem Rohphosphat, Renophosphat (»Hyperphosphate Reno») und Superphosphat wiedergegeben worden. Der Totalphosphorgehalt des in den Versuchen verbrauchten Renophosphats hat im Mittel 28.5 % P_2O_5 betragen, und der Feinheitsgrad: 90 % durchfliesst das Sieb Nr. 300 (Maschenweite 0.05 mm). Wegen seines hohen Feinheitsgrades wird Renophosphat in Finnland auch Feinphosphat genannt. Der P_2O_5-Gehalt des Superphosphats hat 19 % ausgemacht. Die Versuche sind grösstenteils mehrjährig, die ältesten sind schon 10 Jahre im Gange gewesen, so dass das Material insgesamt Ergebnisse von 157 Ertragsjahren umfasst. Die Fruchtfolge ist in den meisten Versuchen folgende gewesen: 1 oder 2 Jahre Sommergetreide und 3—4 Jahre Kleegras. — Die benutzten Phosphatmengen haben sich in den älteren Versuchen auf 38 und 76 kg/ha P_2O_5 belaufen, beide Mengen jährlich gegeben (Tabellen 1 und 2). Bei den später angelegten Versuchen haben die P_2O_5-Mengen 38 und 266 kg/ha betragen, die kleineren Mengen jährlich und die grösseren jedes 7. Jahr gegeben (Tabellen 3 und 4). — Die in den Tabellen dargestellten verschiedenen Altersgruppen der Versuche sind miteinander auf solche Weise verbunden, dass in die Gruppe der 1-jährigen Versuche ausser denen, aus welchen wirklich erst die Ergebnisse eines Jahres vorliegen, auch aus allen älteren Versuchen die Resultate des ersten Jahres aufgenommen worden sind; desgleichen gehen in die 2- jährigen Versuche ausser den eigentlichen 2-jährigen auch aus den älteren die Ergebnisse der zwei ersten Jahre ein usw.

Die durchschnittlichen Versuchsergebnisse erweisen (Tabellen 1—5), dass, obgleich Renophosphat in seiner Wirkung in den ersten Jahren beträchtlich hinter dem Superphosphat zurückbleibt — in 1—2 J. macht seine Wirkung 40—50 % von der des Superphosphats aus — seine relative Wirkung von Jahr zu Jahr so sehr zunimmt, dass sie in 6—7 Jahren 80—85 % und in 10 Jahren über 90 % von der des Superphosphats ausmacht. Da die Steigerung sehr regelmässig gewesen ist, wobei sie

sich bei den am längsten dauernden Versuchen im allgemeinen bis in deren letzte Jahre fortgesetzt hat, ist anzunehmen, dass bei noch länger fortgeführten Versuchen das Renophosphat infolge seiner starken Nachwirkung schliesslich nicht hinter dem Superphosphat zurückstehen würde. Es ist beachtenswert, dass bei Anwendung grösserer Phosphatmengen das Renophosphat auch relativ viel besser als in kleinen Gaben gewirkt hat. So verhält es sich also auch nach den durchschnittlichen Ergebnissen. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche weichen natürlich sogar sehr von den Mittelwertresultaten ab. In einigen Versuchen ist das Renophosphat schon in drei Jahren dem Superphosphat gleichgekommen.

Das Material an Versuchsergebnissen ist auch daraufhin näher analysiert worden, dass herausgestellt würde, ob und auf welche Weise die Wirkung des Renophosphats von der Bodenart, dem Gehalt des Bodens an austauschbarem Kalk oder der Azidität des Bodens abhängig ist. Diese Abhängigkeit von der Bodenart äussert sich darin (Tab. 6), dass besonders nach den Ergebnissen länger andauernder Versuche das Renophosphat auf (humusreichen) Mineralböden im Verhältnis deutlich besser als auf Torfböden gewirkt hat. In 7-jährigen Versuchen hat es bei Anwendung einer grösseren Gabe sogar die Wirkung des Superphosphats um 6 % übertroffen. Ob dies auf der Bodenart an sich oder darauf beruht, dass die Mineralböden in den betreffenden Versuchen bedeutend kalkarmer als die Torfböden gewesen sind, bleibt auf Grund dieses Materials unentschieden. — Die Abhängigkeit der Wirkung des Renophosphats von dem Gehalt des Bodens an austauschbarem Kalk[1]) tritt sehr deutlich auf die Weise hervor (Tab. 7), dass bei kalkarmen (Kalk unter 5 t/ha) Böden die Verhältniszahlen des Renophosphats entschieden höher als bei kalkreichen sind. So hat unter drei 10-jährigen Versuchen, die wegen der Kleinheit der Versuchsmenge nicht in Tabelle 7 aufgenommen worden sind, bei zwei auf kalkarmen Boden ausgeführten Versuchen die durchschnittliche Wirkung des Renophosphats 98 und 117 % von der des Superphosphats ausgemacht (Tab. 2). — Dagegen hat sich zwischen der relativen Düngungswirkung des Renophosphats und der Azidität des Bodens bei diesem Material an Versuchsergebnissen keine deutliche Korrelation herausstellen lassen (Tab. 8). Doch ist bei den am längsten währenden Versuchen, die also die sicherste Grundlage für die Beurteilung abgeben, die zwar nicht sehr starke Tendenz so gerichtet, dass auf den sauersten Böden die relative Wirkung des Renophosphats besser als auf nur etwas sauren wäre.

In der vorliegenden Darstellung ist es nicht darauf angekommen, Berechnungen über die wirtschaftliche Rentabilität der Verwendung der betreffenden zwei Phosphate anzustellen. Beruht doch der wirtschaftliche Erfolg auf vielen Faktoren, wie vor allem auf den Preisverhältnissen der Düngemittel selber, auf der absoluten Grösse der Ertragssteigerungen und auf dem Preise der Ertragsprodukte. Über die wirtschaftliche Seite des Sachverhaltes lässt sich wohl soviel aussagen, dass bei Beurteilung nach den für das gesamte Versuchsmaterial erhaltenen durchschnittlichen Mehrertragszahlen und nach den in Finnland bestehenden Preisverhältnissen das Renophosphat selbst in 10 Jahren noch nicht in der Wirtschaftlichkeit mit dem Superphosphat zu wetteifern vermöchte. Betrachtet man dagegen die Frage bei kalkarmen Böden und besonders bei kalkarmen (humusreichen) Mineralböden, so wird der Sachverhalt ein anderer. Wie aus Tabelle 6 ersehen, steigt der bei grösserer Renophosphatmenge erhaltene Mehrertrag bei derartigen Böden in 7 Jahren um 6 % über den mit Superphosphat erhaltenen. In zehn Jahren übertrifft das

[1]) Nach der ursprünglichen Methode (Tuorila, Tainio & Teräsvuori 1939) ist der austauschbare Kalk aus NH_4Cl-Extrakt bestimmt worden. Später hat man auch eine Puffermischung von Essigsäure und Ammoniumazetat zu benutzen begonnen (Vuorinen, 1953).

Renophosphat auf kalkarmen Böden seinen Konkurrenten um 17 %. Da demgemäss also das Renophosphat in 6—7 Jahren im Betrage der Ertragssteigerung die Höhe des Superphosphats erreicht, wird seine Benutzung dann wirtschaftlich rentabler als die von Superphosphat, da er merklich billiger ist als dieser (in Finnland macht der Preis von Renophosphat — je kg Phosphorsäure — 60 % von dem des Superphosphates aus). So also verhält es sich bei kalkarmen Böden, und derartigen Böden ist das Renophosphat ja wohl auch vorwiegend zugedacht.